양생방법에 따른 콘크리트의 강도특성

The Strength Properties of Concrete according to Curing Method

정 용 욱* 이 승 한** 윤 용 호*** 손 상 훈**** 김 정 태****
Jung, Yong-Wook Lee, Seung-Han Yun, Yong-Ho Son, Sang-Hun Kim, Jeong-Tai

ABSTRACT

This study has been carried out to examine the properties of concrete according to replacement ratio and curing method of fly ash, in order to increase utilization of it.

As the result of experiments, the 7 days of early age strength presented around 20MPa, up to 20% of replacement ratio, which is almost the same strength as non-replacement. However, when the replacement ratio was 30%, the strength was decreased to 16MPa, as 20% reduction compared to the non-replacement condition. In 365 days of long term aging, the strength was 5% higher, up to 20% of the replacement ratio, due to the pozzolanic reaction of fly ash. When the replacement ratio was 30%, it presented similar strength development as the non-replacement condition.

Steam curing and autoclave curing increased the short age strength, regardless of the replacement ratio of fly ash; however, they don't have an effect on increasing the 365 days of long term strength. Water curing showed high strength development after 28 days, 51.8MPa, which is around 30% higher than air curing, 38.9MPa, steam curing, 38.6MPa, and autoclave curing, 39MPa. Therefore, water curing was examined as one of the very effective curing methods for developing long term strength of concrete.

1. 서론

콘크리트는 시멘트, 물, 골재로 이루어진 복합재료로서 시멘트와 물의 수화반응에 의하여 경화하는 특징을 가지고 있다. 또한 시멘트의 수화반응은 장기간에 걸쳐 진행하므로 소요의 품질을 갖는 콘크리트를 확보하기 위해서는 타설 후 일정기간 동안 콘크리트의 주위온도 및 습도를 적절한 범위를 유지시키고, 유해한 작용의 영향을 받지 않도록 충분히 양생[1]하여야 한다. 특히 콘크리트의 경화물성은 양생방법, 양생온도, 양생환경 등에 따라 크게 달라지므로 양생조건 및 사용재료 등을 충분히 고려[2,3]하여야 한다.

한편 최근에는 국내에서도 환경문제와 자원절약, 경제성 및 내구성 등을 고려하여 플라이애쉬, 고로슬래그 미분말 등의 혼화재료의 사용이 급격히 증가하고 있다. 이 중 플라이애쉬는 콘크리트 제조시 시멘트사용량의 5~15%정도[4]를 치환하여 재료비절감과 품질저하를 방지할 목적으로 많이 사용되고 있다. 그러나 플라이애쉬는 치환량이 증가할수록 조기강도가 저하하고, 품질상태 및 양생방법에 따른 물성변화를 일으켜 경화콘크리트의 강도 및 내구성 등에 유해한 영향[5]을 미치게 된다.

이에 본 연구에서는 양생방법을 기건, 수중, 증기 및 오토클래이브 양생으로 변화시켜 콘크리트의 강도특성에 미치는 영향을 검토하였으며, 특히 최근 많이 사용되는 플라이애쉬를 사용한 콘크리트 강도특성에 양생방법이 미치는 영향을 검토함으로서 콘크리트용 혼화재료로서 플라이애쉬의 활용성 증대를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

* 정회원, 계명대학교 첨단건설재료실험센터 연구원
** 정회원, 계명대학교 토목공학과 교수
*** 정회원, (주)태양레미콘 기술이사
**** 정회원, 계명대학교 토목공학과 석사과정

2. 실험개요

2.1 사용분체

실험에 사용한 시멘트는 H사의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였고, 플라이애쉬는 하동산으로 분말도 약 4,100cm^2/g인 것을 사용하였다.

2.2 골 재

잔골재는 경북 성주 낙동강산 천연사를 사용하였으며, 굵은골재는 경북 성주산 부순돌을 사용하였다. 이들의 물리적 성질을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Physical properties of aggregates

Type	Density	Absorption (%)	F.M.	Bulk density (kg/l)	Soundness (%)
Fine aggregate	2.57	1.23	2.82	1.63	3.7
Coarse aggregate	2.64	1.02	7.06	1.55	3.8

2.3 실험계획

콘크리트 배합은 물분체비(W/B)를 48.3%, 잔골재율(S/a)을 44.3%로 고정하고, 플라이애쉬 치환율을 0, 10, 20, 30%로 변화시켰다. 이들 배합설계를 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Mixing design

Series	G_{max} (mm)	W/B (%)	S/a (%)	Unit content (kg/m^3)					
				W	C	FA	S	G	Ad
C100FA0	25	48.3	44.3	173	358	0	819	979	$C\times0.5\%$
C90FA10					322	36			
C80FA20					286	72			
C70FA30					251	107			

3. 실험결과 및 고찰

3.1 플라이애쉬 치환율에 따른 압축강도 특성

Fig. 1에 플라이애쉬 치환율에 따른 재령별 압축강도 특성을 나타내었다.

Fig. 1에서 플라이애쉬 치환율에 따른 재령 7일 조기강도는 플라이애쉬 치환율 20%까지는 무치환시의 20MPa과 비슷하게 나타났으나, 플라이애쉬 치환율 30%에서는 16MPa로 무치환시에 비해 약 20%정도 조기강도를 감소시키는 것으로 나타났다. 반면, 재령 28일에서는 플라이애쉬 치환율 10%에서 28.9MPa로 무치환시 28.2MPa 보다 높은 강도발현을 나타내기 시작하여, 재령 365일에서는 플라이애쉬 치환율 10%, 20% 모두 포졸란 반응에 의해 무치환시 압축강도 38.9MPa보다 높은 강도를 발현하였다. 또한 플라이애쉬 치환율 30%에서도 무치환시와 비슷한 강도발현을 나타내었다.

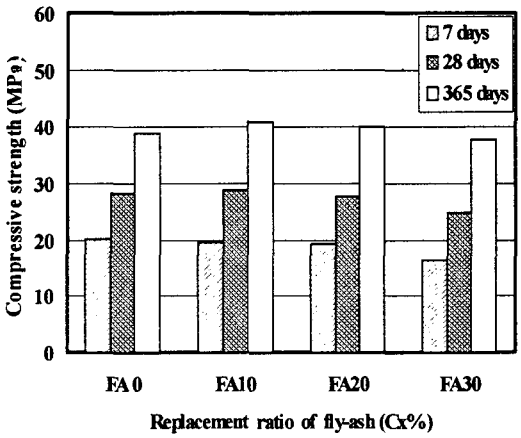

Fig. 1 Compressive strength according to flyash content

3.2 양생방법에 따른 압축강도 특성

본 연구에서는 양생방법에 따른 압축강도 특성을 검토하기 위하여 기건양생, 수중양생, 증기양생, 오토클래이브양생 등 4가지 방법으로 양생을 실시하여 재령별 압축강도 특성을 검토하였다.

Fig. 2에 양생방법에 따른 재령별 압축강도 특성을 나타내었다.

Fig. 2에서 증기양생 및 오토클래이브양생은 조기강도를 증진시키는 것으로 나타났으나, 장기재령인 365일 까지 강도발현은 기건양생과 비슷한 경향을 나타내어 장기강도 증진에는 효과가 없는 것으로 나타났다. 반면 수중양생은 재령 28일 이후 높은 강도발현을 나타내어 재령 365일에서 기건양생 38.9Mpa, 증기양생 38.6Mpa, 오토클래이브양생 39Mpa보다 30%정도 향상된 51.8MPa로 나타나 콘크리트의 장기강도를 크게 향상시키는 것으로 나타났다.

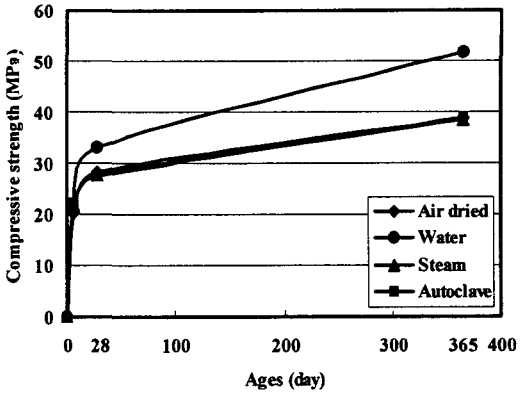

Fig. 2 Compressive strength according to curing method

3.3 플라이애쉬 치환율 및 양생방법에 따른 압축강도 특성

Fig. 3과 Fig 4 및 Fig 5는 플라이애쉬 치환율 0, 30%에서 양생방법을 기건양생, 수중양생, 증기양생, 오토클래이브양생으로 변화시켰을 때의 재령 7일, 28일, 365일 압축강도특성을 나타낸 것이다.

Fig. 3에서 증기양생 및 오토클래이브 양생은 기건양생과 수중양생시 7일강도 약 20MPa보다 2MPa정도 높은 22MPa로 나타났다. 또한 양생방법에 따른 재령 7일 조기강도는 기건양생, 수중양생, 증기양생, 오토클래이브양생 순으로 나타나

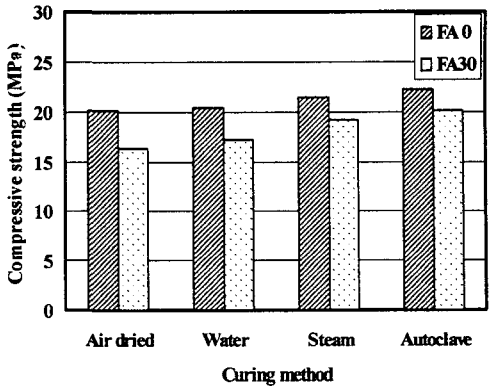

Fig. 3 Compressive strength according to curing method and flyash content (7days)

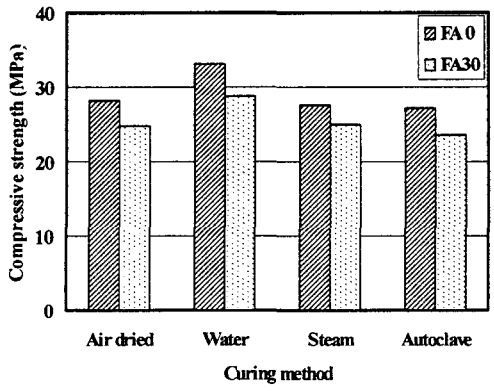

Fig. 4 Compressive strength according to curing method and flyash content (28days)

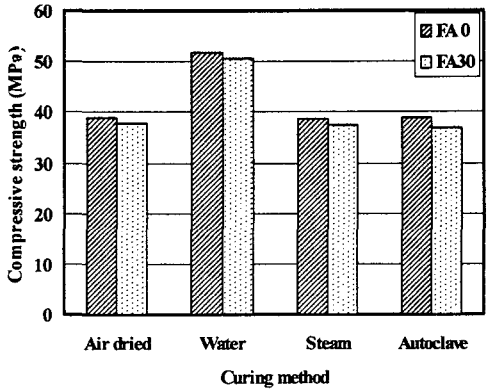

Fig. 5 Compressive strength according to curing method and flyash content (365days)

증기양생과 오토클래이브 양생이 조기강도 증진에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이것은 플라이애쉬 30%치환에서도 비슷한 경향을 나타내어 플라이애쉬 치환시 조기강도를 저감시키는 문제점 해결을 위해서는 증기양생 및 오토클래이브 양생이 효과가 있을 것으로 판단된다.

Fig. 4에서 기건양생, 증기양생, 오토클래이브양생시 28일 압축강도는 플라이애쉬 치환율에 관계없이 비슷한 강도발현을 나타내었다. 반면 수중양생은 플라이애쉬 무치환의 경우 28일 압축강도가 32MPa로 나타나 기건양생, 증기양생 및 오토클래이브양생시의 28MPa보다 약 15%정도 높게 나타났다. 또한 플라이애쉬 30%치환의 경우에도 기타 양생에 비해 약 15%정도 높은 강도발현을 나타내어 플라이애쉬 치환유무에 관계없이 28일 압축강도를 증진시키는 것으로 나타났다.

Fig. 5에서 플라이애쉬 무치환시 365일 압축강도는 증기양생 38.6MPa, 오토클래이브양생 39MPa로 기건양생의 38.9MPa과 비슷한 강도를 나타내어 증기양생 및 오토클래브 양생이 장기강도 증진에는 효과가 없는 것으로 나타났다. 반면 수중양생시 365일 압축강도는 51.8MPa로 나타나 가장 우수한 장기강도를 발현하였다. 이것은 증기양생 및 오토클래이브 양생과는 달리 수중양생시 지속적인 수분공급으로 수화가 계속 진행됨에 따른 것에 기인된 것으로 판단된다. 이 경향은 플라이애쉬 치환율 30%에서도 비슷하게 나타나 수중양생은 콘크리트의 장기강도 증진에 효과가 우수한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 플라이애쉬 치환율 및 양생방법이 콘크리트의 강도특성에 미치는 영향을 검토한 것으로 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 플라이애쉬 치환율 20%까지는 7일 조기강도가 약 20MPa로 무치환시와 거의 동등하게 나타났으나, 30% 치환시 16MPa로 무치환시에 비해 약 20%정도 감소하는 것으로 나타났다. 반면 365일 장기재령에서는 플라이애쉬의 포졸란반응에 의해 치환율 20%까지는 약 5%정도 높게 나타났으며, 치환율 30%에서도 무치환시와 비슷한 강도발현을 나타내었다.

(2) 수중양생은 재령 28일 이후 높은 강도발현을 나타내어 재령 365일에서 기건양생 38.9MPa, 증기양생 38.6MPa, 오토클래이브양생 39MPa보다 30%정도 높은 51.8MPa로 나타나 콘크리트의 장기강도 증진에 효과가 우수한 것으로 나타났다.

(3) 기건양생은 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 조기강도를 감소시키는 것으로 나타났으나, 증기양생 및 오토클래이브 양생은 플라이애쉬 치환유무에 관계없이 조기강도를 증가시키는 것으로 나타났다. 그러나 증기양생 및 오토클래이브양생은 장기강도 증진에는 효과가 없는 것으로 나타났다. 반면, 수중양생은 지속적인 수분공급에 따른 계속된 수화로 장기강도를 크게 향상시키는 것으로 나타났다.

참고문헌

1) 이한승 (2002) 콘크리트 양생, 콘크리트학회지 제 14권, 6호, 2002. 11, 160-164.
2) 고경택, 정해문, 윤기원, 이장화 (2005) 양생온도에 따른 콘크리트 특성, 콘크리트학회지 제 17권, 1호, 2005. 1, 22-27.
3) 최세규, 유승룡, 김생빈 (1996) 촉진양생이 콘크리트의 28일 압축강도에 미치는 영향에 관한 연구, 콘크리트학회논문집 제8권, 4호, 1996 .8, 141-148.
4) 이진용, 최수홍, 강석화, 이광명 (1999) 플라이애쉬 함유량이 콘크리트의 굳기전 성질 및 역학적 특성에 미치는 영향, 콘크리트학회논문집 제11권, 6호, 1999. 12, 25-33.
5) Malhotra, V. M. (1995). *Flyash, Silica Fume, Slag, and Natural Pozzolans in Concrete*, Proceedings Fifth International Conference Milwaukee. Wisconsin, USA, Volume2/SP-153.